

Patentansprüche

- (1. Verfahren zur Gewebefotometrie, insbesondere zur
quantitativen Ermittlung der Blut-Sauerstoff-Sättigung
5 aus fotometrischen Meßwerten, welche bei einer Meßprobe
mittels eines Fotometers mit Monochromator periodisch
gewonnen werden, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , daß
- 10 a) aus der periodischen Signalfolge ein erstes
Spektrum herausgegriffen wird,
- b) anhand eines wählbaren Gütekriteriums eine vor-
gegebene Anzahl weiterer Spektren ausgewählt wird,
- 15 c) eine Fourier-Transformation der Spektren in den
Frequenzraum vorgenommen wird und
- d) anhand von Signalmerkmalen im Fourier-Spektrum
20 durch Vergleich mit einer vorgegebenen Eichkurve
der charakteristische Wert der Meßprobe, insbe-
sondere die Blutsauerstoffsättigung, ermittelt
wird.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß für den Verfahrens-
schritt a) das erste Spektrum mittels eines Trigger-
impulses abgeleitet wird.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß das Gütekriterium bei
Verfahrensschritt b) einen Formvergleich der Spektren
beinhaltet.

4. Verfahren nach Anspruch 3, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß der Formvergleich nach
Digitalisierung der Spektrendaten erfolgt.
- 5 5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß die Digitalisierung vom
Monochromator wellenlängenabhängig gesteuert ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
10 k e n n z e i c h n e t , daß das Meßsignal einer
Störungsreduktion unterzogen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß die Störungsreduktion
15 mittels selektiver Addition und anschließender Mit-
telung (sog. averaging) erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß für die selektive
20 Addition zwischen 15 und 60 Spektren, vorzugsweise
30 Spektren, ausgewählt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß für Verfahrensschritt
25 d) als Signalmerkmal die Amplituden bestimmter Fre-
quenzen bzw. Frequenzbereiche herausgegriffen werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß die Amplitude eines
30 Maximums herausgegriffen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß das Verhältnis der
Summen der Amplituden solcher Frequenzen die oberhalb
35 eines vorgegebenen Signalminimums liegen, zur Summe

der Amplituden derjenigen Frequenzen, die unterhalb des Minimums liegen, als Signalmerkmal herangezogen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
5 k e n n z e i c h n e t , daß die Eichkurve durch Korrelation mit einer oxygenierten und einer desoxygenierten Probe ermittelt wird.

13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach
10 Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 12, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Auswerteschaltung wenigstens eine Auswahleinheit (11 -
16) für die Spektren, eine Einheit zur Fourier-Transformation (25) und einen Signalselektor (26) zum Ver-
15 gleich der selektierten Merkmale mit einer vorgegebenen Eichkurve umfaßt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Auswahlein-
20 heit (11 - 16) Mittel zum Selektieren der Meßspektren anhand vorgegebener Gütekriterien aufweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß zusätzliche eine
25 Einheit zur Störungsreduktion (20) vorhanden ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Einheit zur
Störungsreduktion (20) ein Mittelwertbildner ist.

30

17. Vorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß ein Speicher
(15) vorhanden ist, in welchem die aufgenommenen
Spektren zur weiteren Verarbeitung zwischengespeichert
35 werden.

1 1 8 8 8

⁴
- 14 -

3328862
VPA 82 P 8527 01 DE

18. Vorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß dem Signalselektor
(26) eine Einheit (27) zur rechnerischen Festlegung der
Eichkurve zugeordnet ist.

5

19. Vorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß vor der Einheit
zur Fourier-Transformation (25) eine Einrichtung (22)
zur Spiegelung und/oder Entzerrung der Meßspektren

10 eingeschaltet ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß ein Digital-Rechner
zur Auswertung vorhanden ist.

15

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß als Digital-Rechner
ein Mikroprozessor mit zugehörigem Speicher verwendet
wird.

20

25

30

35

Verfahren und Vorrichtung zur Gewebefotometrie, insbe-
5 sondere zur quantitativen Ermittlung der Blut-Sauer-
stoff-Sättigung aus fotometrischen Meßwerten

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine
Vorrichtung zur Gewebefotometrie, insbesondere zur
10 quantitativen Ermittlung der Blut-Sauerstoff-Sättigung
aus fotometrischen Meßwerten, gemäß dem Oberbegriff
des Patentanspruchs 1.

Für die Sauerstoffversorgung in Körpergeweben spielt der
15 Oxygenierungsgrad des Sauerstoffträgers Hämoglobin im
Kapillarnetz des Gewebes eine maßgebliche Rolle. Mit
Hilfe der Reflexionsspektroskopie kann aufgrund des
unterschiedlichen Absorptionsverhaltens von oxygeniertem
und desoxygeniertem Hämoglobin prinzipiell eine Aussage
20 über den momentanen Oxygenierungsgrad in den oberfläch-
lich verlaufenden Kapillaren getroffen werden. Es ist
bereits bekannt, Reflexionsspektroskopie als Gewebe-
fotometrie "in vivo" durchzuführen. Dabei wird insbe-
sondere durch den Einsatz von flexiblen Lichtleitern
25 die Untersuchung in kleinen Arealen möglich, wobei Arte-
fakte durch Bewegungen der Gewebeoberflächen durch kurze
Aufnahmezeiten verhindert werden sollen.

Es sind Lichtleiter-Fotometer vorgeschlagen worden,
30 mit denen Signalspektren einer Gewebeprobe in Abhängig-
keit von der Wellenlänge ermittelt werden können. Aus
dem Amplitudenverlauf eines einzelnen Spektrums kann
ein Sachverständiger Aussagen über die Oxygenierung
der Gewebeprobe ableiten.

35

Wht 2 R1 / 02.08.1983

Allerdings blieben die Aussagen bisher weitgehend auf eine qualitative Deutung der Spektren beschränkt. Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren anzugeben sowie eine zugehörige Vorrichtung zu schaffen, mit
5 denen quantitative Aussagen über charakteristische Größen von Meßproben gemacht werden können.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Verfahrenshauptanspruches 1 sowie des
10 darauf zurückbezogenen Vorrichtungsanspruches 13 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Mit der Erfindung lassen sich in überraschend einfacher
15 Weise die bei der Gewebefotometrie periodisch anfallenden Spektren auswerten. Es können nunmehr auch genaue quantitative Aussagen insbesondere über den Oxygenierungsgrad von Hämoglobin beliebiger Meßproben gemacht werden. Damit ist nun ein Weg aufgezeigt, mit dem der
20 Einsatz des beschriebenen Verfahrens in die klinische Praxis entscheidend erleichtert wird.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung anhand
25 der Zeichnung in Verbindung mit den übrigen Unteransprüchen.

Es zeigen:

30 Fig. 1 den schematischen Aufbau eines Fotometers mit Spektrometer,

Fig. 2 eine Originalkurve zur Gewebefotometrie, die mit dem verwendeten Spektrometer gemessen
35 wurde,

Fig. 3 das Ergebnis einer Vorverarbeitung für eine oxygenierte und eine desoxygenierte Meßprobe,

Fig. 4 die zugehörigen Kurven im Frequenzraum,

5

Fig. 5 derartige Kurven zur Darstellung der Kinetik des Desoxygenierungsvorganges,

10

Fig. 6 blockschaltbildmäßig eine Vorrichtung zur Durchführung der anhand der Figuren 2 bis 5 dargestellten Verfahrensschritte.

In der Figur 1 besteht ein Mikro-Lichtleiter-Fotometer im wesentlichen aus einer Lichtquelle 1, die durch eine
 15 Xenon-Höchstdrucklampe realisiert ist. Von der Lichtquelle 1 wird das Licht über ein Filtersystem 2 auf eine Lichtleitfaser 3 von 70 μm Durchmesser als Sendeleit-
 leiter Gewebeprobe P geleitet. Das reflektierte Licht wird über sechs Fasern, die ringförmig um den Sende-
 20 lichtleiter angeordnet und pauschal mit 4 bezeichnet sind, zu einem Wellenlängenselektor geführt. Letzterer besteht aus einer mittels eines Motors 6 rotierbaren Verlaufsinterferenzfilterscheibe 5 als Monochromator,
 bei der in Abhängigkeit vom Drehwinkel Licht unter-
 25 schiedlicher Wellenlänge zwischen 495 nm und 615 nm selektiert wird. Die Interferenzfilterscheibe 5 läßt an der Meßstelle M in Abhängigkeit vom Drehwinkel das Licht verschiedener Wellenlängen passieren, wobei bei einem Drehwinkel von 0 bis 180° der Wellenlängenbereich
 30 zwischen 495 und 615 nm in aufsteigender Folge und im Bereich von 180 bis 360° in umgekehrter Richtung durchlaufen wird. Die Intensität des transmittierten Lichtes wird von einem Fotomultiplier 7 gemessen und in Form eines analogen Spannungssignals zwecks Auswertung und
 35 weiterer Verrechnung ausgegeben. Das Spannungssignal ge-

langt dazu auf eine vorzugsweise digital arbeitende Auswertevorrichtung 10, die weiter unten im einzelnen beschrieben wird. Bei jeder Scheibenumdrehung des Monochromators 5 kann ein Triggerimpuls für die Auswertung abgeleitet werden.

Es ist auch möglich, ein Spektrometer zu verwenden, bei dem das eingestrahlte Licht monochromatisiert und dann das Spektrum periodisch abgescannt wird. Durch Ableitung weiterer Triggerpulse können bestimmte Wellenlängen markiert werden, um die Digitalisierung der Meßsignale wellenlängenabhängig zu steuern.

Der Aufbau der Auswertevorrichtung 10 wird anhand der Figur 6 beschrieben; aus den Figuren 2 bis 5 ergibt sich zunächst im wesentlichen die verfahrensmäßige Behandlung der Meßsignale.

Figur 2 zeigt einerseits, daß das Meßsignal periodisch mit der Rotation der Interferenz-Filterscheibe 5 verläuft und andererseits, daß es von einem starken Rauschen überlagert wird. Zur weiteren Signalverarbeitung müssen die Signale in einzelne Perioden getrennt werden. Dabei besteht die Schwierigkeit, daß einerseits die Periodenlänge unbekannt ist und andererseits die Längen verschiedener Perioden nicht identisch sind. Letzteres kann beispielsweise durch Schwankungen der Rotationsgeschwindigkeit der Verlaufsinterferenzfilterscheibe 5 bewirkt werden.

Bei dem vorgeschlagenen Verfahren wird zunächst ein "Referenz-Spektrum" ermittelt. Als Kriterium für die Güte eines solchen Spektrums können u.a. das Signal/Rausch-Verhältnis, die Signalthöhe oder andere Signal-

eigenschaften herangezogen werden. Durch Vergleich einzelner Spektren anhand der Gütekriterien werden andere geeignete Abschnitte für die Auswertung gefunden. Beispielsweise werden zunächst eine "Referenz-Periode"

- 5 ermittelt und mittels Korrelation die ähnlichsten Abschnitte gefunden. Dabei kann auch genutzt werden, daß die Interferenzfilterscheibe 5 unabhängig vom Meßsignal bereits eine periodische Grundfunktion erzeugt, deren Maxima bzw. Minima zur Periodenfindung dienen.

10

Es werden also mit obigem Verfahren aus den Meßspektren einander ähnliche Abschnitte aufgefunden. Zwar ist die Korrelationslänge im wesentlichen durch die Länge des Referenzspektrums bestimmt; es lassen sich aber unterschiedliche Periodenlängen durch Überlappung der Korrelationsfelder kompensieren. Durch letzteren Verfahrensteilschritt kann man also vom Triggerimpuls der Filterscheibe unabhängig werden.

15

- 20 Es ergibt sich somit die Möglichkeit, anhand von Gütekriterien aus der großen Anzahl von vorhandenen Spektren eine bestimmte Anzahl Einzelspektren auszuwählen. Diese Einzelspektren können aber noch Störungen, beispielsweise Signalrauschen, aufweisen.

25

Eine Störungsunterdrückung kann im allgemeinen durch